

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 607 887 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94100524.1**

51 Int. Cl.⁵: **F25J 3/04**

22 Anmeldetag: **14.01.94**

30 Priorität: **22.01.93 DE 4301712**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.07.94 Patentblatt 94/30

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

71 Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft
Abraham-Lincoln-Strasse 21
D-65189 Wiesbaden(DE)**

72 Erfinder: **Moll, Anton, Dipl.-Phys.
Quellenweg 4
D-82399 Raisting(DE)
Erfinder: **Kreis, Helmut, Dipl.-Ing.
Hofbrunnstrasse 37
D-81479 München(DE)
Erfinder: **Stiegler, Karl-Heinz, Dipl.-Ing.
Maria-Lerchl-Strasse 4
D-84524 Neuötting(DE)******

74 Vertreter: **Kasseckert, Rainer
Linde Aktiengesellschaft,
Zentrale Patentabteilung
D-82049 Höllriegelskreuth (DE)**

54 **Anlage und Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und Flüssigkeitsverteiler für eine Stoffaustauschsäule.**

57 Es werden eine Anlage und ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft beschreiben sowie ein Rohrverteiler und ein Kanalverteiler. Die Luftzerlegungsanlage enthält eine Rektifiziersäule, die wenigstens einen Abschnitt aufweist, der mit Füllkörpern oder mit einer Packung ausgestattet ist, wobei oberhalb dieses Abschnitts ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet ist. Gegenstand der Erfindung ist außerdem ein Flüssigkeitsverteiler für eine Stoffaustauschsäule. Der Hauptkanal und/oder die Verteilkanäle des Flüssigkeitsverteilers sind mindestens über einem Teil ihres Querschnitts nach oben abgeschlossen.

EP 0 607 887 A2

Die Erfindung betrifft eine Anlage und ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mit mindestens einer Rektifiziersäule, die wenigstens einen Abschnitt aufweist, der mit Füllkörpern oder mit einer Packung ausgestattet ist, wobei oberhalb dieses Abschnitts ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet ist. Gegenstand der Erfindung ist außerdem ein Flüssigkeitsverteiler für eine Stoffaustauschsäule.

Derartige Luftzerlegungsanlagen dienen zur Gewinnung von Sauerstoff, Stickstoff und/oder Edelgasen aus Luft. Die Grundlagen ihres Aufbaus und ihrer Funktionsweise sind beispielsweise aus der Monographie "Tieftemperaturtechnik" von Hausen/Linde (2. Auflage, 1985) oder aus einem Aufsatz von Latimer in Chemical Engineering Progress (Vol. 63, No.2, 1967, Seite 35) bekannt. Seit einigen Jahren ist es üblich, in Rektifiziersäulen von Luftzerlegern Füllkörper oder Packungen, insbesondere geordnete Packungen einzusetzen. Deren Wirksamkeit hängt sehr stark von der gleichmäßigen Benetzung ihrer Oberfläche mit Rücklaufflüssigkeit ab. Daher wird oberhalb eines Packungsabschnitts ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet, der die nach unten strömende Flüssigkeit möglichst homogen über den Kolonnenquerschnitt verteilen soll.

Luftzerlegungsanlagen werden in vielen Fällen auch im Normalbetrieb nicht mit konstantem Durchsatz gefahren. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn ein erzeugtes Produkt direkt einem weiteren Prozeß zugeführt wird, der nicht stationär, sondern beispielsweise periodisch betrieben wird. Aber auch bei anderen Anwendungen von Luftzerlegern besteht das Bedürfnis, den Durchsatz der Anlage gelegentlich zu verändern. Insbesondere beim Anfahren einer jeden Luftzerlegungsanlage treten die gleichen Probleme auf.

Verringert man nun beispielsweise die in die Anlage eingeführte Luftmenge, vergeht einige Zeit, bis an allen Stellen der Luftzerlegersäule(n) die der neuen Belastung entsprechenden stationären Gleichgewichtszustände erreicht sind. Dies führt dazu, daß bei bisher bekannten Luftzerlegungsverfahren und -anlagen kurzzeitige Laständerungen durch Veränderung des Säulenumsatzes praktisch nicht möglich sind.

Die Rektifiziersäulen eines Luftzerlegers reagieren jedoch außerordentlich träge auf derartige Lastwechsel, so daß der Flexibilität von Sauerstoff- und Stickstoffproduktion enge Grenzen gesetzt sind. Außerdem entstehen bei Lastwechseln auch Einbußen an Ausbeute und Reinheit.

Durch den in jüngster Zeit aufgekommenen Einsatz von Packungen anstelle von konventionellen Rektifizierböden wurde eine gewisse Verbesserung im Anfahrverhalten und in der Flexibilität gegenüber Lastwechseln erreicht, da Packungen einen wesentlich geringeren Flüssigkeitsinhalt (Hol-

dup) als Böden aufweisen. Allerdings weisen auch Packungssäulen eine unbefriedigend hohe Trägheit bei Laständerungen auf.

In der Vergangenheit wurden für spezielle Anwendungsfälle Verfahren entwickelt, die variable Produktionsmengen bei konstanter Belastung der Rektifiziersäulen ermöglichen. So beschreibt W. Rohde ein speziell an sehr große Schwankungen angepaßtes Luftzerlegungsverfahren mit Wechselspeicherung in den LINDE-Berichten 54 (1984), S.18-20; in diesem Fall wird der Produktsauerstoff direkt einem periodisch arbeitenden Sauerstoff-Blasverfahren in der Stahlindustrie zugeführt. Die in diesem Beispiel auftretenden sehr hohe Lastschwankungen von über 40% der Maximalkapazität des Luftzerlegers werden über Puffertanks ausgeglichen, wobei der Durchsatz durch die Rektifiziersäulen im wesentlichen konstant gehalten werden kann. Solche Anlagen mit Puffertanks sind jedoch apparativ und regelungstechnisch sehr aufwendig, insbesondere bei geringeren Lastschwankungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu entwickeln, die eine hohe Flexibilität im Betrieb aufweisen. Insbesondere sollen sie relativ schnell auf Änderungen des Durchsatzes reagieren und/oder eine kurze Anfahrphase aufweisen, das heißt die Zeit zwischen dem Beginn des Anfahrens und dem Erreichen des stationären Betriebs soll möglichst kurz sein.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Hauptkanal und/oder die Verteilkanäle des Flüssigkeitsverteilers mindestens über einem Teil ihres Querschnitts nach oben abgeschlossen sind.

Im Rahmen der Erfindung wurde entdeckt, daß die Schwachstelle hinsichtlich schneller Laständerungen bei den Flüssigkeitsverteilern liegt, die in der oder den Säule(n) oberhalb von Packungsabschnitten angeordnet sind und für eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Rücklaufflüssigkeit auf den Kolonnenquerschnitt sorgen sollen. In Luftzerlegersäulen, die Packungen als Stoffaustauschelemente enthalten, kommt der Güte dieser Flüssigkeitsverteilung eine überragende Bedeutung zu. In gepackten Luftzerlegersäulen wurden bisher Kanalverteiler mit Ausflußöffnungen in den Böden und/oder Seitenwänden der nach oben offenen Kanäle eingesetzt. Ein derartiger Flüssigkeitsverteiler für den Einsatz bei der Luftzerlegung ist beispielsweise aus der EP-A-0 434 510 bekannt.

Ein Kanalverteiler arbeitet mit einer gewissen Füllstandshöhe in den Kanälen. Der damit verbundene hydrostatische Druck regelt die Flüssigkeitsmenge, die auf den darunterliegenden Packungsabschnitt tropft. Die Füllstandshöhe steigt etwa quadratisch mit der Flüssigkeitsbelastung (Flüssigkeitsvolumen pro Stunde) an. Da die Kanäle einen großen Teil des Kolonnenquerschnitts überdecken,

enthält ein Kanalverteiler große Mengen an Flüssigkeit einer bestimmten Zusammensetzung (Konzentration). Dadurch wird die hohe Trägheit des Verteilers und damit der ganzen Rektifiziersäule gegenüber schnellen Laständerungen, wie sie bei Luftzerlegern häufig wünschenswert sind, verursacht. Es dauert nämlich lange Zeit, bis der neue stationäre Zustand, der mit einer höheren oder niedrigeren Füllstandshöhe verbunden ist, erreicht wird, weil dabei große Flüssigkeitsvolumina bei gleichbleibender Konzentration verändert werden müssen.

Gemäß der Erfindung wird nun in der Luftzerlegersäule ein modifizierter Kanalverteiler oder ein Rohrverteiler eingesetzt, wie er beispielsweise aus einem Aufsatz von P. Bomio et al., Chem. Tech., 43.Jg., Heft 11/12,1991 bekannt ist. Rohrverteiler weisen in der Regel ein vertikales Zuspiserrohr auf, von dem aus die Flüssigkeit in horizontal angeordnete Verteilrohre weitergeleitet wird. Die Verteilrohre überdecken einen großen Teil des Querschnitts der Säule und sind allseitig geschlossen. Lediglich durch Öffnungen an der Unterseite der Verteilrohre kann die Flüssigkeit austreten und auf den darunterliegenden Packungsabschnitt tropfen. Solche Rohrverteiler wurden bisher nur für bestimmte Einsatzzwecke vorgesehen, insbesondere bei kleinen Flüssigkeitsmengen von bis zu 1 m³/h. Eine Verwendung bei der Luftzerlegung und den dabei üblicherweise umgesetzten Flüssigkeitsmengen wurde bisher nicht erwogen.

Aufgrund von aufwendigen Untersuchungen hat es sich im Rahmen der Erfindung herausgestellt, daß die Nachteile eines Rohrverteilers geringer als erwartet ausfallen. Außerdem wurde gefunden, daß mit modernen Fertigungsmethoden Rohrverteiler hergestellt werden können, die den hohen Anforderungen an die Verteilgüte, wie sie bei der Luftzerlegung bestehen, auch bei mittlerer Flüssigkeitsmenge genügen. Insbesondere können die Auströmoöffnungen entsprechend präzise gefertigt werden. Ein Rohrverteiler mit hoher Verteilgüte kann daher auch bei den (mittleren) Flüssigkeitsmengen der Rektifiziersäule(n) eines industriellen Luftzerlegers eingesetzt werden; solche Flüssigkeitsmengen liegen in der Regel über 5 m³/h, vorzugsweise über 15 m³/h; bei großen Luftzerlegern werden auch weit höhere Flüssigkeitsdurchsätze erreicht, beispielsweise 250 m³/h und auch darüber. Der grundlegende Vorteil des Rohrverteilers liegt darin, daß der für die Verteilung notwendige hydrostatische Druck lediglich durch die in dem vertikalen Zuspiserrohr anstehende Flüssigkeit erzeugt wird. Der Flüssigkeitsinhalt des Verteilers im stationären Betrieb ist daher sehr gering. Er beträgt etwa 25 bis 50% desjenigen eines Kanalverteilers gleicher Verteilgüte.

Besonders wichtig ist jedoch das Verhalten eines Rohrverteilers bei einer Laständerung. Der Flüssigkeitsstand ändert sich lediglich in dem Zuspiserrohr, also auf sehr niedriger Querschnittsfläche (5% im Vergleich zu einem Kanalverteiler). Die Änderung des Flüssigkeitsinhalts ist daher auch bei großen relativen Laständerungen außerordentlich gering. Der Flüssigkeitsinhalt des Verteilers stellt sich daher innerhalb sehr kurzer Zeit auf einen neuen stationären Zustand ein. Damit sind insgesamt schnelle Laständerungen praktisch ohne Beeinträchtigung der Produktkonzentrationen und -ausbeuten sowie kurze Anfahrzeiten möglich. In dem neuen Luftzerleger können beispielsweise Laständerungen in 10 bis 25 Sekunden pro Prozent Laständerung vorgenommen werden, das heißt 50% Laständerung in etwa 10 bis 20 Minuten. (Als Maß für die Laständerung dient beispielsweise die Verringerung oder Erhöhung der Menge des in die Rektifiziersäule eingespeisten Einsatzfluids; entsprechend ändern sich selbstverständlich auch die Produktmengen und sonstigen Umsätze.)

Zusätzliche Vorteile ergeben sich durch das geringere Gesamtgewicht des erfindungsgemäß eingesetzten Flüssigkeitsverteiler gegenüber einem konventionellen Kanalverteiler. Einerseits bedeutet beispielsweise der Einsatz eines Rohrverteilers anstatt eines konventionellen Kanalverteilers eine Gewichtersparnis von etwa 50% bei der Verteilerkonstruktion. Der Verteiler ist dadurch leichter und präziser justierbar, es kann eine relativ wenig aufwendige Nivelliereinrichtung verwendet werden. Noch stärker ist jedoch die Verringerung des Gesamtgewichts, der Summe aus Verteilergewicht und Gewicht seines Flüssigkeitsinhalts. Dadurch können außerordentlich kostengünstige Befestigungsvorrichtungen eingesetzt werden.

Gemäß einer Variante der Erfindung kann auch ein modifizierter Kanalverteiler mit niedrigem Flüssigkeitsinhalt eingesetzt werden, dessen nach oben offene Verteilkanäle und/oder dessen Hauptkanal einen Querschnitt aufweisen, der sich nach oben verjüngt. Wenn der modifizierte Kanalverteiler die gleiche Kanalhöhe und die gleiche Breite am unteren Rand der Verteilkanäle aufweist, erreicht er dieselbe Kapazität und Verteilgenauigkeit wie ein konventioneller Kanalverteiler. Allerdings ist das Volumen der anstehenden Flüssigkeit, also der Flüssigkeitsinhalt, bei gleicher Füllstandshöhe deutlich geringer: Das Volumen sinkt linear mit der Verjüngung nach oben. Dabei sind verschiedene Querschnittsformen denkbar, beispielsweise eine Kombination aus Rechtecken verschiedener Breite oder ein oben abgeschnittenes, auf der Grundseite stehendes gleichseitiges Dreieck.

Die erfindungsgemäße Luftzerlegungsanlage kann eine als Doppelsäule ausgebildete Rektifiziersäule aufweisen, die aus einer Drucksäule und

einer Niederdrucksäule besteht und mindestens eine Zuführleitung für Luft und Produktleitungen für Stickstoff und Sauerstoff aufweist. Die Niederdrucksäule, in der der Einsatz von Packungen besonders vorteilhaft ist, kann einen Rohrverteiler oder einen Kanalverteiler mit niedrigem Flüssigkeitsinhalt enthalten.

Der Luftzerleger kann außerdem mit einer Rohargonsäule ausgestattet sein, die im Falle einer Doppelsäulenanlage mit der Niederdrucksäule verbunden ist. Falls in der Rohargonsäule Packungen oder Füllkörper zum Einsatz kommen, ist es vorteilhaft, den oder die Flüssigkeitsverteiler als Rohrverteiler oder als Kanalverteiler mit niedrigem Flüssigkeitsinhalt auszubilden. Insbesondere die hohe Verteilgüte eines Rohrverteilers wirkt sich günstig auf die Effizienz der Sauerstoff-Argon-Trennung aus.

Bei dem Verfahren zur Luftzerlegung durch Tieftemperatur-Rektifikation in einer Anlage gemäß der Erfindung wird gereinigte und abgekühlte Luft in ein mindestens eine Rektifiziersäule aufweisendes Destilliersystem geleitet und dort durch Gegenstrom-Stoffaustausch zwischen einer Dampf- und einer Flüssigkeitsphase rektifiziert, wobei der Stoffaustausch in mindestens einem Teilbereich mindestens einer Rektifiziersäule durch Füllkörper oder durch eine Packung bewirkt wird. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeitsphase oberhalb dieses Teilbereichs durch Verteilkanäle geführt wird, die mindestens über einem Teil ihres Querschnitts nach oben abgeschlossen sind. Diese Art der Flüssigkeitsverteilung kann beispielsweise in einer Niederdrucksäule eines zweistufigen Verfahrens oder in einer Rohargonsäule angewendet werden.

Während sich bei ersten Schritt der Erfindung die grundsätzliche Eignung eines Rohrverteilers zur Verteilung von Rektifizierflüssigkeit in einer Luftzerlegerkolonne herausgestellt hat, so tauchen doch bei relativ hohen Säulendurchmessern Probleme beim Einsatz der bekannten Bauart dieses Verteilertyps auf. Der Querschnitt der Verteilrohre muß nämlich mit dem Innendurchmesser der Kolonne wachsen, um den Druckgradient längs des Verteilrohres und die Strömungsgeschwindigkeit in horizontaler Richtung in Grenzen zu halten. Dadurch wird jedoch die zwischen den Verteilrohren verbleibende Querschnittsfläche, durch die aufsteigendes Gas strömt immer kleiner, der Druckverlust der Gasströmung steigt an.

Zur Lösung dieses Problems wurde im Rahmen der Erfindung ein neuer Rohrverteiler entwickelt, der nicht nur in Luftzerlegersäulen, sondern auch in anderen Stoffaustauschkolonnen eingesetzt werden kann.

Der erfindungsgemäße Rohrverteiler weist mindestens ein im wesentlichen horizontales Hauptrohr

und eine Vielzahl von ebenfalls im wesentlichen horizontalen Verteilrohren auf, die mit dem Hauptrohr in Strömungsverbindung stehen und Öffnungen aufweisen, wobei die Verteilrohre eine maximale Ausdehnung b in horizontaler Richtung senkrecht zur Verteilrohrachse aufweisen, und ist dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilrohre einen Querschnitt aufweisen, dessen Fläche größer ist als die Fläche eines Kreises mit Durchmesser b .

Dieser Rohrverteiler kann praktisch an jeden Kolonnenquerschnitt angepaßt werden, indem die Höhe der Verteilkanäle variiert wird, während ihre Breite gleichbleibt. Die Anpassung übt damit keinen Einfluß auf die Gasströmung aus, insbesondere wird deren Druckverlust nicht erhöht. Auch die Erhöhung des Flüssigkeitsinhalts fällt bei gleichbleibender Rohrbreite kaum ins Gewicht, zumal dieser Flüssigkeitsinhalt auch bei veränderter Flüssigkeitsbelastung konstant bleibt, solange der Flüssigkeitsstand im Zuspiserrohr oberhalb des oberen Randes der Verteilrohre liegt. Der Vorteil großer Flexibilität bei Laständerungen bleibt erhalten.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung können die Verteilrohre des Rohrverteilers einen im wesentlichen rechtwinkligen Querschnitt aufweisen. Dadurch können handelsübliche Rechteckprofile zur Herstellung des Verteilers verwendet werden. Diese sind wesentlich einfacher zu bearbeiten als Rohre mit beispielsweise rundem oder ovalem Querschnitt, insbesondere können die Öffnungen für den Austritt der Flüssigkeit ohne großen Aufwand sehr genau ausgerichtet werden. Insgesamt ist eine besonders kostengünstige Fertigung möglich. Die Höhe des Rechtecks kann beispielsweise größer als die Breite sein, auch eine quadratische Form des Querschnitts ist anwendbar.

Bei den bisher bekannten Rohrverteilern werden beiderseits des Hauptrohres Verteilrohre in Aussparungen eingesetzt, die die Form des Querschnitts der Verteilrohre aufweisen. Der untere Rand der Verteilrohre liegt dabei höher als der untere Rand des Hauptrohres. Dadurch tritt im Bereich des Hauptrohres keine Flüssigkeit aus; je nach Breite des Hauptrohres kann die Homogenität der Flüssigkeitsverteilung erheblich gestört sein.

Es hat sich im Rahmen der Erfindung als vorteilhaft erwiesen, wenn das Hauptrohr an seiner Unterseite Aussparungen aufweist, in die die Verteilrohre eingesetzt sind, wobei die Verteilrohre ihrerseits im Bereich dieser Aussparungen an ihrer Oberseite Überströmöffnungen aufweisen, die die Strömungsverbindung zwischen Hauptrohr und Verteilrohren herstellen. Dabei können die Verteilrohre durchgehend über im wesentlichen den gesamten Kolonnendurchmesser hergestellt und brauchen nicht am Hauptrohr unterbrochen zu werden. Es ergibt sich dadurch eine sehr hohe Verteilgüte, auch im Bereich unterhalb des Hauptrohres.

Daneben ist es mit relativ niedrigem fertigungstechnischen Aufwand möglich, die Verteilrohre mit dem Hauptrohr zu verbinden und exakt horizontal auszurichten. Beispielsweise können bei rechteckigen Verteilrohren die Aussparungen durch einen Scheibenfräser erzeugt werden. Die Verteilrohre können allein durch paßgenaues Einsetzen in diese Aussparungen in ihre horizontale Lage gebracht werden, wodurch eine genau vertikale Ausrichtung der Öffnungen für den Flüssigkeitsaustritt sichergestellt ist.

Der erfindungsgemäße modifizierte Kanalverteiler ist in seiner Anwendung ebenfalls nicht auf Luftzerlegungsanlagen beschränkt, sondern kann auch in Stoffaustauschsäulen anderer Verfahren eingesetzt werden. Er weist mindestens einen im wesentlichen horizontalen Hauptkanal und eine Vielzahl von nach oben offenen Verteilkanälen auf, die mit dem Hauptkanal in Strömungsverbindung stehen und Öffnungen aufweisen, und ist dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilkanäle einen Querschnitt aufweisen, der sich nach oben verjüngt.

Durch diese Verringerung des Querschnitts im oberen Teil der Verteilkanäle verringert sich der stationäre Flüssigkeitsinhalt gegenüber einem konventionellen Kanalverteiler. Wesentlich größer ist jedoch die Auswirkung auf Änderungen des Flüssigkeitsinhalts bei Veränderung der Flüssigkeitsmenge während des Betriebs. Beträgt beispielsweise die Breite des Verteilkanals auf der Höhe der Flüssigkeitsoberfläche nur ein Drittel der Grundbreite des Kanals, so vermindert sich die Änderung des Flüssigkeitsinhalts bei Laständerung um den Faktor 3 gegenüber einem konventionellen Kanalverteiler mit rechteckigem Querschnitt.

Der Einsatz eines Rohrverteilers oder eines modifizierten Kanalverteilers, wie er gemäß der Erfindung vorgeschlagen wird, ist prinzipiell nicht auf die Luftzerlegung beschränkt. Der vorteilhafte Effekt des günstigen Lastwechselverhaltens kann grundsätzlich auch bei anderen Rektifizierprozessen erreicht werden, insbesondere wenn mittlere Flüssigkeitsbelastungen in einer Packungssäule auftreten. Dies gilt speziell bei ähnlich hohen Anforderungen an die Verteilgüte wie in der Luftzerlegung.

Die Erfindung kann bei allen Arten von Luftzerlegungsverfahren und -anlagen vorteilhaft eingesetzt werden, bei Einzelsäulen- oder Doppelsäulenverfahren wie bei Verfahren mit anschließender Rohrgangssäule. Ein oder mehrere Rohr-Flüssigkeitsverteiler können dabei in der Druck-, Niederdruck- und/oder Rohrgangssäule und/oder in weiteren dem Luftzerleger angeschlossenen Kolonnen eingesetzt werden. Hinsichtlich von Ausführungsbeispielen von Luftzerlegungsverfahren und -anlagen mit Einsatz von Packungen wird auf die ältere deutsche

Patentanmeldung P4224068.9 verwiesen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Zeichnungen, die spezielle Ausführungsbeispiele betreffen, näher erläutert. Hierbei zeigen:

- | | | |
|----|---------|--|
| 5 | Figur 1 | den schematischen Aufbau eines Rohr-Flüssigkeitsverteilers, |
| | Figur 2 | das Verhalten verschiedenartig ausgestatteter Rektifiziersäulen bei Laständerungen hinsichtlich des Flüssigkeitsinhalts, |
| 10 | Figur 3 | ein Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Weiterentwicklung eines Rohrverteilers in schematischer perspektivischer Darstellung, |
| 15 | Figur 4 | einen Schnitt durch diesen Rohrverteiler in einer vertikalen Ebene und |
| | Figur 5 | verschiedene Beispiele für die Form des Querschnitts von Verteilrohren. |

Der prinzipielle Aufbau eines Rohrverteilers ist in Figur 1 dargestellt. Die Rücklaufflüssigkeit wird durch geeignete Mittel in ein Zuspäuserohr 1 eingeleitet, das im wesentlichen vertikal ausgerichtet ist. Von dort aus strömt die Flüssigkeit weiter in eine Vielzahl von Verteilrohren 3. Im Falle des in Figur 1 dargestellten Typs geschieht dies über ein Hauptrohr 2. Die Verteilrohre 3 besitzen an ihrer Unterseite Öffnungen, durch die Flüssigkeit nach unten austreten kann. In der Regel beträgt die Anzahl der Verteilrohre 5 bis 25, vorzugsweise 10 bis 20 Verteilrohre pro Meter Hauptrohrlänge). Sie überdecken einen wesentlichen Teil (beispielsweise 15 bis 80 %, vorzugsweise 30 bis 60 %) der Querschnittsfläche der Rektifiziersäule.

Die Verteilrohre des in Figur 1 dargestellten Rohrverteilers besitzen einen kreisförmigen Querschnitt. Es sind jedoch auch andere Querschnitte denkbar, wie weiter unten erläutert wird.

Das Diagramm von Figur 2 zeigt den Flüssigkeitsinhalt (Holdup) einer Packungskolonne in Abhängigkeit von der Flüssigkeitsbelastung. Auf der horizontalen Achse sind dabei die Laständerungen in Bezug auf eine Grundlast (Nullpunkt) in m^3 pro m^3 Kolonnenvolumen angegeben. Die flachen Kurven zeigen eine starke Abhängigkeit des Flüssigkeitsinhalts von der Flüssigkeitsbelastung und damit ein träges Lastwechselverhalten an. Die Kurven beziehen sich auf verschiedene Einbauten:

- | | | |
|----|----------|---|
| 50 | Kurve 11 | Siebböden |
| | Kurve 12 | konventioneller Kanalverteiler mit Packung |
| | Kurve 13 | konventioneller Kanalverteiler alleine (ohne Packung) |
| | Kurve 14 | Rohrverteiler mit Packung |
| 55 | Kurve 15 | Rohrverteiler alleine (ohne Packung) |

Die verwendete Packung ist in allen Fällen der Figur 2 eine geordnete.

Eine mit einer geordneten Packung ausgestattete Rektifiziersäule sollte wegen des relativ geringen Flüssigkeitsinhalts der Packung ein deutlich verbessertes Lastwechselverhalten gegenüber einer Siebbodensäule aufweisen. Wie sich im Rahmen der Erfindung durchgeführten Messungen und Berechnungen herausstellte, ist dies jedoch nicht der Fall, wenn in der Packungssäule konventionelle Kanalverteiler eingesetzt werden (Kurven 12 und 13 im Vergleich zu Kurve 11). Der Flüssigkeitsinhalt eines Rohrverteilers ist dagegen fast unabhängig von der momentanen Belastung (Kurve 15). Auch wenn man den Flüssigkeitsinhalt von Rohrverteiler und Packung summiert, ergibt sich noch ein sehr günstiges Lastwechselverhalten (Kurve 14).

Der im Rahmen der Erfindung entwickelte neue Rohrverteiler ist in Ausschnitten in den Schemazeichnungen der Figuren 3 und 4 dargestellt. Er weist in der Regel ein Zuspiserrohr wie der konventionelle Rohrverteiler von Figur 1 auf, das in den Zeichnungen nicht gezeigt ist. Auch der weitere Grundaufbau eines Rohrverteilers mit Hauptrohr 22, Verteilrohren 23 und an der Unterseite der Verteilrohre 23 angeordneten Öffnungen 24 für den Flüssigkeitsaustritt ist in dem neuen Verteiler wiederzufinden.

Allerdings weicht der Querschnitt der Verteilrohre 23 von der bisher bekannten Kreisform ab: Die Höhe h ist größer als die Breite b . (Bei nicht-rechtwinkligen Querschnitten zählen jeweils die maximalen Abmessungen in vertikaler und horizontaler Richtung senkrecht zur Achse des Verteilrohrs 23.) Das Verhältnis h/b beträgt 1 bis 10, vorzugsweise etwa 1 bis 3. Dadurch ist die Querschnittsfläche senkrecht zur Strömungsrichtung größer als bei einem Verteilrohr mit kreisförmigem Querschnitt und gleicher Breite (Durchmesser b).

Die Verteilrohrbreite b kann beispielsweise 15 bis 100 mm, vorzugsweise 20 bis 60 mm betragen. Es können grundsätzlich Rektifiziersäulen mit beliebig großem Durchmesser mit dem erfindungsgemäßen Rohrverteiler ausgestattet werden; möglich sind zum Beispiel Säulendurchmesser von 1 bis 6 m, auch bei Rektifiziersäulen mit noch größeren Querschnitten, beispielsweise Durchmesser von 7 bis 8 m, ist die Erfindung realisierbar. Bei einem hohen Säulendurchmesser kann die zulässige maximale Strömungsgeschwindigkeit in den Rohren 23 nämlich durch eine entsprechende Vergrößerung der Höhe h eingehalten werden. Bei der industriellen Luftzerlegung kommen üblicherweise Verteilrohre einer Breite b von etwa 40 mm vor, beispielsweise in der Niederdrucksäule eines zweistufigen Verfahrens oder in einer Rohrgonsäule.

Durch die rechtwinklige Form der Verteilrohre 23 läßt sich ein besonders günstiger Anschluß zum Hauptrohr herstellen. Die Verteilrohre 23 müssen nicht paar-weise gegenüber in das Hauptrohr 22

eingesetzt werden, sondern laufen an der Unterseite des Hauptrohrs 22 durch. Neben einer kostengünstigen Herstellung wird dadurch auch die Verteilgüte gegenüber konventionellen Rohrverteilern verbessert: Es befinden sich nämlich auch unterhalb des Hauptrohrs 22 Austrittsöffnungen 24a.

Figur 5 zeigt Querschnitte der Verteilkanäle 33 eines erfindungsgemäßen Kanalverteilers, die stark von der konventionellen Rechteckform abweichen. Der Grundaufbau des Kanalverteilers kann dabei analog zur konventionellen Form gewählt werden (siehe beispielsweise bereits zitierten Artikel von P. Bomio et al., Chem. Tech., 43.Jg., Heft 11/12, 1991).

Patentansprüche

1. Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mit mindestens einer Rektifiziersäule, die wenigstens einen Abschnitt aufweist, der mit Füllkörpern oder mit einer Packung ausgestattet ist, wobei oberhalb dieses Abschnitts ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet ist, der mindestens einen Hauptkanal und eine Vielzahl von Verteilkanälen aufweist, die mit dem Hauptkanal in Strömungsverbindung stehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Hauptkanal (2, 22) und/oder die Verteilkanäle (3, 23, 33) des Flüssigkeitsverteilers mindestens über einem Teil ihres Querschnitts nach oben abgeschlossen sind.
2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Flüssigkeitsverteiler als Rohrverteiler ausgebildet ist.
3. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Flüssigkeitsverteiler als Kanalverteiler mit niedrigem Flüssigkeitsinhalt ausgebildet ist, indem die nach oben offenen Verteilkanäle (33) und/oder der Hauptkanal einen Querschnitt aufweisen, der sich nach oben verjüngt.
4. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die oder eine Rektifiziersäule als Doppelsäule ausgebildet ist, die aus einer Drucksäule und einer Niederdrucksäule besteht und mindestens eine Zuführleitung für Luft und Produktleitungen für Stickstoff und Sauerstoff aufweist.
5. Anlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Niederdrucksäule wenigstens einen Abschnitt aufweist, der mit Füllkörpern oder mit einer Packung ausgestattet ist, wobei oberhalb dieses Abschnitts ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet ist, **dadurch ge-**

- kennzeichnet**, daß der Flüssigkeitsverteiler als Rohrverteiler oder als Kanalverteiler mit niedrigem Flüssigkeitsinhalt ausgebildet ist.
6. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die oder eine Rektifiziersäule als Rohargonsäule ausgebildet ist, die eine Zuführleitung für eine argonhaltige Sauerstofffraktion und eine Produktleitung für Rohargon aufweist. 5
7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rohargonsäule wenigstens einen Abschnitt aufweist, der mit Füllkörpern oder mit einer Packung ausgestattet ist, wobei oberhalb dieses Abschnitts ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Flüssigkeitsverteiler als Rohrverteiler oder als Kanalverteiler mit niedrigem Flüssigkeitsinhalt ausgebildet ist. 10
8. Verfahren zur Luftzerlegung durch Tieftemperatur-Rektifikation in einer Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei bei dem Verfahren gereinigte und abgekühlte Luft in ein mindestens eine Rektifiziersäule aufweisendes Destilliersystem geleitet und dort durch Gegenstrom-Stoffaustausch zwischen einer Dampf- und einer Flüssigkeitsphase rektifiziert wird, wobei der Stoffaustausch in mindestens einem Teilbereich mindestens einer Rektifiziersäule durch Füllkörper oder durch eine Packung bewirkt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Flüssigkeitsphase oberhalb dieses Teilbereichs durch Verteilkanäle (3, 23, 33) geführt wird, die mindestens über einem Teil ihres Querschnitts nach oben abgeschlossen sind. 15
9. Flüssigkeitsverteiler für eine Stoffaustauschsäule, der mindestens ein im wesentlichen horizontales Hauptrohr (22) und eine Vielzahl von Verteilrohren (23) aufweist, die mit dem Hauptrohr (22) in Strömungsverbindung stehen und Öffnungen (24, 24a) aufweisen, wobei die Verteilrohre (23) eine maximale Ausdehnung b in horizontaler Richtung senkrecht zur Verteilrohrachse aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verteilrohre (23) einen Querschnitt aufweisen, dessen Fläche größer ist als die Fläche eines Kreises mit Durchmesser b . 20
10. Flüssigkeitsverteiler nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verteilrohre (23) einen im wesentlichen rechtwinkligen Querschnitt aufweisen. 25
11. Flüssigkeitsverteiler nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hauptrohr (22) an seiner Unterseite Aussparungen aufweist, in die die Verteilrohre (23) eingesetzt sind, wobei die Verteilrohre (23) ihrerseits im Bereich dieser Aussparungen an ihrer Oberseite Überströmöffnungen aufweisen, die die Strömungsverbindung zwischen Hauptrohr (22) und Verteilrohren (23) herstellen. 30
12. Flüssigkeitsverteiler für eine Stoffaustauschsäule, der mindestens einen im wesentlichen horizontalen Hauptkanal und eine Vielzahl von nach oben offenen Verteilkanälen (33) aufweist, die mit dem Hauptkanal in Strömungsverbindung stehen und Öffnungen aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verteilkanäle (33) einen Querschnitt aufweisen, der sich nach oben verjüngt. 35

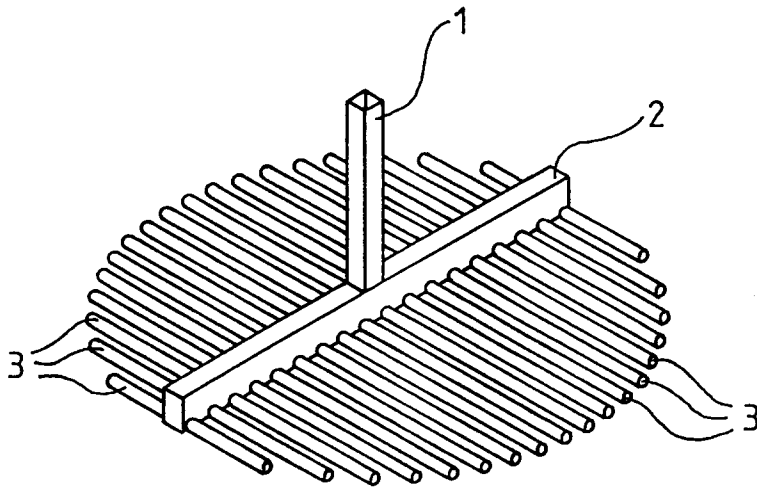


Fig.1

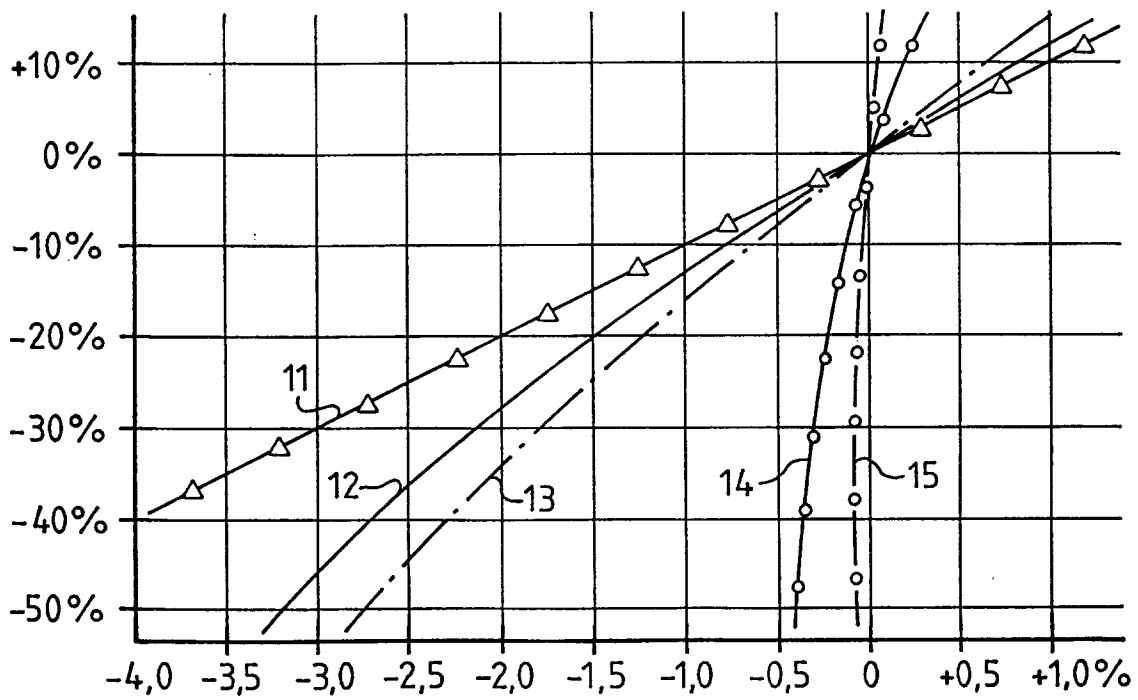


Fig.2

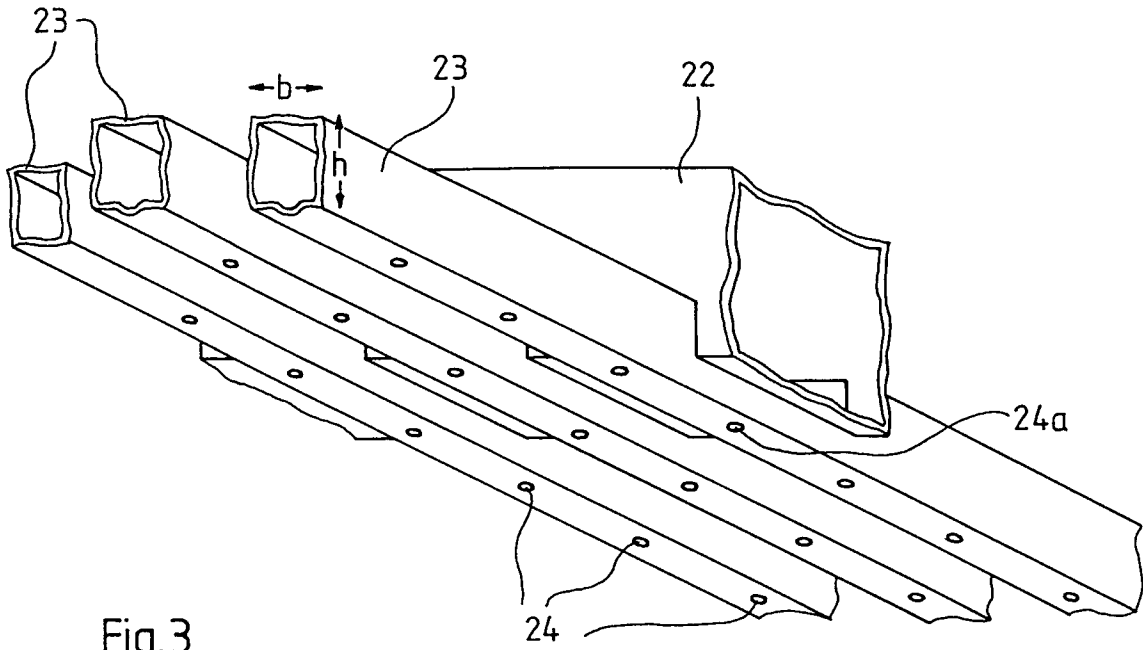


Fig. 3

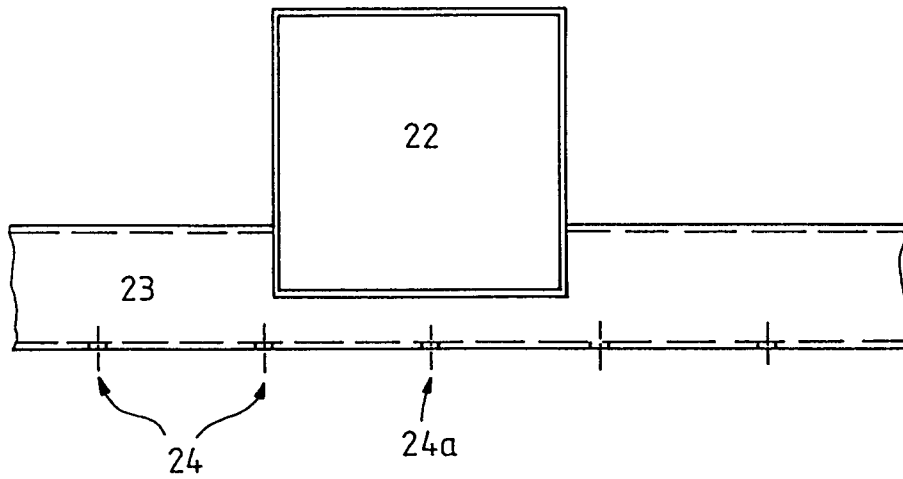


Fig. 4



Fig.5